

## РЕФРАКЦИОННАЯ ХИРУРГИЯ REFRACTIVE SURGERY

Научная статья  
УДК 617.753.2  
10.25276/0235-4160-2024-1-28-35

### Низкоэнергетическая лентикулярная лазерная хирургия в коррекции миопии

Э.В. Бойко<sup>1-3</sup>, Д.Р. Мирсаитова<sup>1</sup>, А.В. Титов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Санкт-Петербургский филиал, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова Минздрава России, Санкт-Петербург

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

#### РЕФЕРАТ

**Цель.** Повысить эффективность и безопасность лентикулярной хирургии по типу SMILE в коррекции миопии разной степени на основе применения низкоэнергетических лазерных параметров. **Материал и методы.** В исследовании проведен сравнительный анализ данных 193 пациентов (288 глаз), оперированных по поводу миопии разной степени в ряде случаев с миопическим астигматизмом по технологии SMILE с применением разных уровней энергии фемтосекундного лазера (ФСЛ) от 130 до 150 нДж. Параметры анализировали в 1-е сутки и через 1 неделю, 1, 3, 6 и 12 месяцев после операции с оценкой некорригированной остроты зрения, качества жизни (опросник QIRC), общих аберраций волнового фронта роговицы (RMS), денситометрии и пахиметрии.

**Результаты.** По данным визометрии, оценки качества жизни, показателям

телям RMS, денситометрии и пахиметрии, наилучшие функциональные результаты получены в подгруппах с миопией слабой и средней степени в 1-е сутки после SMILE при применении уровня энергии в диапазоне 130 нДж. А в подгруппах с высокой степенью миопии при использовании уровня энергии в диапазоне 140 нДж прямого влияния энергии на другие показатели не выявлено. **Заключение.** По итогам исследования установлено, что проведение коррекции миопической аномалии рефракции по технологии SMILE с уровнем энергии ФСЛ в диапазоне 130–140 нДж по своей результативности в 1-е сутки после операции превосходит применявшие ранее уровни энергии (150 нДж) по качеству восстановления зрительных функций и не оказывает отрицательного влияния на другие параметры роговицы.

**Ключевые слова:** миопия, лентикулярная хирургия, энергия фемтосекундного лазера, SMILE ■

**Для цитирования:** Бойко Э.В., Мирсаитова Д.Р., Титов А.В. Низкоэнергетическая лентикулярная лазерная хирургия в коррекции миопии. Офтальмохирургия. 2024;142(1): 28–35. doi: 10.25276/0235-4160-2024-1-28-35

**Автор, ответственный за переписку:** Дилара Равиленна Мирсаитова, dilara\_mirsaitova@rambler.ru

#### ABSTRACT

Original article

### Low-energy lenticular laser surgery for the correction of myopia

E.V. Boiko<sup>1-3</sup>, D.R. Mirsaitova<sup>1</sup>, A.V. Titov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, St. Petersburg Branch, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup>I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>3</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation

**Purpose.** To improve the efficiency and safety of SMILE-type lenticular surgery procedure in correction of different degrees myopia based on the use of low-energy laser parameters. **Material and methods.** This study includes a comparative analysis of data from 193 patients (288 eyes) operated for different degrees myopia including a number of cases with myopic astigmatism using SMILE technology with different FSL energy levels from 130 to 150 nJ. The parameters were analyzed on the 1st day and after 1 week, 1 month, 3, 6 and 12 months after surgery with

assessment of NCVA, quality of life (QIRC questionnaire), general corneal wavefront aberrations (RMS), densitometry and pachymetry. **Results.** According to visometry, quality of life assessment, RMS, densitometry and pachymetry, the best functional results were obtained in subgroups with mild and moderate myopia on the 1st day after SMILE using an energy level in the range of 130 nJ. And in subgroups with a high degree of myopia, when using an energy level in the range of 140 nJ, no direct effect of energy on other indicators was found. **Conclusion.** According

to the results of the study, it was found that the correction of myopic refractive error using the SMILE technology with a FSL energy level in the range of 130–140 nJ in its effectiveness on the 1st day after surgery exceeds the previously used energy levels (150 nJ) in terms of the quality

of restoration of visual functions and does not have a negative effect on other parameters of the cornea.

**Key words:** *myopia, lenticular surgery, femtosecond laser energy, SMILE* ■

**For citation:** Boiko E.V., Mirsaitova D.R., Titov A.V. Optimization of lenticular surgery based on the use of low-energy laser parameters in the correction of myopia. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery*. 2024;142(1): 28–35. doi: 10.25276/0235-4160-2024-1-28-35

**Corresponding author:** Dilara R. Mirsaitova, dilara\_mirsaitova@rambler.ru

## АКТУАЛЬНОСТЬ

**М**иопия в последние десятилетия приобретает масштабы эпидемии: в настоящее время 1,6 млрд человек во всем мире страдают аномалиями рефракции, а к 2050 г. прогнозируется увеличение до 4,8 млрд человек, т.е. более половины населения планеты будут подвержены миопии [1].

Современная рефракционная хирургия продолжает развиваться по пути С.Н. Фёдорова, когда отработанные надежные технологии позволяли избавиться от очков и контактных линз большому количеству пациентов [2–4]. При этом исходно высокие зрительные функции пациентов определяют высокие стандарты к безопасности данного вида вмешательства и минимизации осложнений в разные сроки наблюдений.

В Санкт-Петербургском филиале ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России лазерная коррекция зрения выполняется с 1997 г., наработан огромный опыт лентикулярной коррекции миопической аномалии рефракции, в частности по технологии SMILE. На данный момент с 2013 г. выполнено более 26 000 операций. Таким образом, данная технология из разряда единичных операций на этапе ее освоения перешла в разряд рутинной. Также внедряются новые современные лентикулярные технологии – CLEAR и SMARTSIGHT.

Несмотря на все преимущества лентикулярной хирургии: высокая точность, отсутствие лоскута роговицы, сохранение передних стромальных ламелл и Боуменового слоя (за исключением небольшой зоны инцизии), обеспечение лучшей биомеханической стабильности, снижение проявлений синдрома «сухого» глаза (ССГ), – восстановление остроты зрения в раннем послеоперационном периоде может происходить медленнее в силу множества причин [5–10]. Достижение высоких клинико-функциональных результатов после операции зависит не только от квалификации и опыта хирурга, особенностей роговицы, но и ряда технических настроек фемтосекундного лазера (ФСЛ).

Энергия ФСЛ, осуществляя разделение тканей, оказывает влияние на строму роговицы: вызывает воспаление и повреждение кератоцитов. Наблюдается всеоб-

щая мировая тенденция снижения энергий ФСЛ [11–14]. Представлены результаты применения разных уровней энергии лазера от 100 до 180 нДж в коррекции миопии на основании общей статистической выборки [11–15]. В то же время отсутствуют данные по выбору оптимальных параметров энергии ФСЛ (пороговых и надпороговых значений) для пациентов с миопией разной степени. Регулировка уровня энергии ФСЛ может улучшить послеоперационные показатели остроты зрения, сократить сроки реабилитации и улучшить качество жизни пациентов после лентикулярной хирургии.

Изложенные выше положения явились основаниями для проведения данного исследования.

## ЦЕЛЬ

Повышение эффективности и безопасности лентикулярной хирургии по типу SMILE в коррекции миопии разной степени на основе применения низкоэнергетических лазерных параметров.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведено нерандомизированное, ретро- и проспективное исследование 193 пациентов (288 глаз) в возрасте от 18 до 40 лет, из них 86 мужчин, 107 женщин, прооперированных по поводу миопии разной степени в ряде случаев с миопическим астигматизмом по технологии SMILE.

Пациенты были разделены на 3 основные группы в зависимости от уровня энергии ФСЛ с подразделением каждой из групп на слабую (1), среднюю (2) и высокую степень (3) миопии (*табл. 1*).

Все пациенты были проинформированы о включении их в исследование по оценке клинико-функциональных результатов на фоне снижения энергии ФСЛ после SMILE. Исследование проводилось в соответствии принципами Хельсинкской декларации (WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013).

Критерии включения в исследование: возраст пациентов 18–40 лет, миопия от –1,00 до –9,50 дптр в ряде

Таблица 1

## Дооперационные характеристики исследуемых групп

Table 1

## Preoperative characteristics of the study groups

Параметр Parameter	Степень Degree	130 нДж (ИЭ 26) 130 nJ (IE 26) Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )/N	140 нДж (ИЭ 28) 140 nJ (IE 28) Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )/N	150 нДж (ИЭ 30) 150 nJ (IE 30) Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )/N	р
НКОЗ UCVA	1	0,20 (0,10; 0,20)/29	0,10 (0,09; 0,20)/29	0,09 (0,08; 0,20)/32	0,07
	2	0,05 (0,05; 0,05)/36	0,05 (0,05; 0,05)/36	0,05 (0,05; 0,05)/36	0,53
	3	0,04 (0,03; 0,04)/30	0,04 (0,03; 0,04)/30	0,04 (0,03; 0,05)/30	0,236
	Всего Total	0,05 (0,04; 0,09)/95	0,05 (0,04; 0,09)/95	0,05 (0,04; 0,08)/98	
SPh. D	1	-1,75 (-2,25; -1,50)/29	-2,00 (-2,25; -1,50)/29	-2,00 (-2,63; -1,63)/32	0,56
	2	-4,25 (-4,75; -3,50)/36	-4,25 (-4,63; -3,63)/36	-4,25 (-4,88; -3,75)/36	0,72
	3	-7,13 (-8,00; -6,75)/30	-7,25 (-8,00; -6,75)/30	-7,25 (-8,00; -6,50)/30	0,72
	Всего Total	-4,25 (-6,75; -2,25)/95	-4,25 (-6,75; -2,75)/95	-4,25 (-6,50; -2,75)/98	
Cyl. D	1	-0,50 (-0,50; 0,00)/29	-0,50 (-0,50; 0,00)/29	-0,50 (-0,50; 0,00)/32	0,81
	2	-0,50 (-0,75; -0,50)/36	-0,38 (-0,50; 0,00)/36	-0,50 (-0,75; -0,03)/36	0,14
	3	-0,38 (-0,75; 0,00)/30	-0,50 (-0,75; 0,00)/30	-0,63 (-1,00; 0,00)/30	0,43
	Всего Total	-0,50 (-0,75; 0,00)/95	-0,50 (-0,75; 0,00)/95	-0,50 (-0,75; 0,00)/98	
МКОЗ BCVA	1	1,00 (1,00; 1,00)/29	1,00 (1,00; 1,00)/29	1,00 (1,00; 1,00)/32	0,86
	2	1,00 (1,00; 1,00)/36	1,00 (1,00; 1,00)/36	1,00 (1,00; 1,00)/36	0,60
	3	1,00 (1,00; 1,00)/30	1,00 (1,00; 1,00)/30	1,00 (1,00; 1,00)/30	1,0
	Всего Total	1,00 (1,00; 1,00)/95	1,00 (1,00; 1,00)/95	1,00 (1,00; 1,00)/98	

случаев с миопическим астигматизмом до  $-1,50$  дптр, стабильные показатели визометрии за последние 2 года, толщина роговицы более 500 мкм, острота зрения с коррекцией 1,00 и выше.

Критерии исключения из исследования: патология органа зрения, которая является противопоказанием для лазерной коррекции зрения: воспалительные, инфекционные заболевания глаз и придаточного аппарата, кератоконус, глаукома, катаракта, выраженный ССГ и др.

Всем пациентам было выполнено комплексное офтальмологическое обследование в сроки до операции и через 1 неделю, 1, 3, 6 и 12 месяцев после операции. Обследование включало стандартные и специальные методы исследования.

Оценку качества жизни проводили на основании опросника Quality of Life Impact of Refractive (QIRC) – качество жизни после рефракционной хирургии (Pesudovs K. и соавт.) [16]. Включает 20 вопросов по основным направлениям профессиональной и бытовой зрительной деятельности с возможностью применения

весовых коэффициентов для оценки количественного интегрального показателя качества жизни пациента.

Динамику общих аберраций волнового фронта роговицы, выраженных в виде значений RMS (Residual Mean Square – среднее квадратичное отклонение) оценивали на основании кератотопографии (Pentacam, OCULUS, США).

Объективное определение общей прозрачности (денситометрии) роговицы оценивали неинвазивным методом количественной оценки помутнений роговицы путем регистрации обратного светорассеивания с использованием Шаймпфлюг-денситометрии (Pentacam, OCULUS, США) в зоне 0–2 мм от вершины роговицы.

Оценку пахиметрии роговицы до и после операции проводили на оптическом когерентном томографе RTVue XR Avanti, Optovue, США.

Операции выполняли по стандартной технике, включающей в себя этапы докинга (стыковки), работы ФСЛ, иссечения и удаления линтикулы [17]. Изменения в технических параметрах ФСЛ заключались в регулировках энергетического диапазона от 130 до 150 нДж (с ша-

гом в 10 нДж, где 1 индекс энергии (ИЭ) соответствовал 5 нДж). Оперативное лечение и послеоперационный период у всех пациентов протекали без осложнений.

Статистический анализ проводился в программах Statistica 10 и SP SS Statistics. Проверка нормальности распределения для количественных данных осуществлялась с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Для сравнения 2 групп использовался критерий Манна – Уитни, 3 групп – Краскела – Уоллиса. Для определения влияния категориальных данных (энергия ФСЛ, степень миопии) использовался многофакторный анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ полученных данных показал, что некорригированная острота зрения (НКОЗ) в 1-й день после SMILE в подгруппах с миопией слабой и средней степени выше при использовании уровня энергии ФСЛ в диапазоне 130 нДж и составляет соответственно 1,00 (0,90; 1,00)/N=29 и 0,95 (0,90; 1,00)/N=36 ( $p_{26,30}=0,023$  и  $p_{26,30}=0,007$ ) в сравнении с подгруппой – 150 нДж. Сравнительный анализ НКОЗ в данных подгруппах не показал статистически достоверной разницы между уровнями энергии в диапазоне 130 и 140 нДж ( $p_{26,28}>0,03$ ), 140 и 150 нДж ( $p_{28,30}>0,03$ ).

В подгруппах с миопией высокой степени более высокие показатели НКОЗ в 1-й день после операции получены при использовании энергии ФСЛ в диапазоне 140 нДж 0,90 (0,80; 1,00)/N=30 ( $p_{28,30}=0,0041$ ). Статистически достоверных различий в НКОЗ и влияния энергии при сравнении данной подгруппы с другими уровнями энергиями не выявлено ( $p_{26,28}=1,0$ ,  $p_{26,30}=0,052$ ).

В последующие сроки наблюдений (до 1 года) статистически достоверных различий между группами не выявлено, показатели НКОЗ оставались стабильными.

Анализ динамики качества жизни пациентов представлен в *таблице 2*.

Применение энергии в диапазоне 130 нДж обеспечило достоверно значимое повышение качества жизни в срок через 1 месяц после SMILE у пациентов с исходно слабой и средней степенью миопии, коэффициент качества жизни составил соответственно 53,48 (47,85; 55,55) ( $p=0,045$ ) и 48,55 (47,85; 55,55) ( $p=0,048$ ), а в подгруппах с миопией высокой степени влияние энергии ФСЛ не обнаружено ( $p=0,95$ ).

Все пациенты были одинаково подвержены некоторым опасениям, особенно в первый месяц после операции: страх потерять достигнутый результат (остроту зрения), страх возможных осложнений и финансовых потерь ( $p<0,05$ ), в сроки 3 месяцев и более после операции данные опасения не оказывали существенного влияния на качество жизни пациентов.

В отдаленные сроки наблюдений (до 6 месяцев) статистически достоверных различий между группами и

подгруппами не выявлено, результаты оставались стабильными.

В *таблице 3* представлены результаты общей выборки применения энергии ФСЛ в диапазоне 130 и 140 нДж после SMILE в сроки до 1 месяца.

Многофакторный анализ показал, что исследуемые уровни энергии не оказывают отрицательного влияния на состояние RMS общий, показателей денситометрии и общей пахиметрии ( $p>0,003$ ), также не выявлено зависимости от степени миопии и уровня энергии ФСЛ ( $p>0,003$ ).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным отечественной литературы, первые изменения энергетических параметров ФСЛ связаны с переходом на быстрый режим работы (180 нДж, Писаревская О.В. и соавт., 2016) [18]. Переход на низкоэнергетические показатели в клинике осуществлялся с 160 до 130 нДж, что способствовало достижению высокого рефракционного результата уже в 1-е сутки после операции (вероятно, в результате меньшего энергетического воздействия на роговичную ткань) [19–21].

Полученные нами результаты находят подтверждение в ряде клинических исследований других авторов, показавших, что применение низких уровней энергии позволяет достичь лучших показателей НКОЗ в 1-й день после операции и в течение всего периода наблюдений. Однако уровни энергии ФСЛ, которые подвергались изучению, находились в достаточно большом диапазоне от 100 до 180 нДж (крайние показатели) без подразделения на подгруппы по степени миопии, оценивали средние показатели общей выборки или были представлены результаты только для средней степени миопической аномалии рефракции [15, 22, 23]. В данном исследовании нами были представлены результаты влияния уровней энергии ФСЛ в зависимости от степени миопии. Выявлена прямая корреляционная связь между уровнем энергии и результатами НКОЗ в 1-й день после операции в группах с миопией слабой, средней и высокой степени. В рамках выбранного энергетического диапазона ФСЛ установлено, что снижение энергии ниже 130 нДж сопровождалось увеличением зон непрозрачности, что вызывало формирование неправильной формы лентиккулы и роговичного ложа и требовало более грубого механического разделения межтканевых перемычек, тем самым оказывало отрицательное влияние на клинко-функциональные результаты после операции. Данные результаты явились основанием для отказа от дальнейшего снижения энергетических показателей. Применение высоких энергий ФСЛ (выше 150 нДж) увеличивало риски развития непрозрачного пузырькового слоя, что в свою очередь затрудняло процессы визуализации, иссечения и удаления лентиккулы вплоть до перфорации роговицы. В коррекции миопии слабой и

Таблица 2

## Динамика качества жизни пациентов после SMILE (опросник QIRC)

Table 2

## Dynamics of the quality of life of patients after SMILE (QIRC questionnaire)

Сроки наблюдений Timing of observations	Степень Degree	130 нДж (ИЭ 26) 130 nJ (IE 26) Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )/N	140 нДж (ИЭ 28) 140 nJ (IE 28) Me (Q <sub>25</sub> ; Q <sub>75</sub> )/N	р
До Pre-op	1	42,74 (38,32; 45,75)/22	42,74 (37,56; 47,10)/22	0,86
	2	43,50 (39,53; 45,75)/22	42,74 (39,53; 47,10)/22	0,82
	3	42,74 (38,32; 45,75)/22	42,74 (37,56; 47,10)/22	0,86
	Всего Total	42,74 (39,53; 45,75)/66	42,74 (39,53; 47,10)/66	
1 неделя 1 week post-op	1	50,70 (46,02; 52,52)/22	50,45 (42,60; 52,52)/22	0,46
	2	46,55 (44,86; 52,52)/22	45,63 (42,60; 52,00)/22	0,11
	3	47,56 (44,00; 50,70)/22	48,71 (44,86; 52,52)/22	0,38
	Всего Total	48,35 (44,86; 52,30)/66	48,71 (43,95; 52,52)/66	
1 месяц 1 month post-op	1	53,48 (47,85; 55,55)/22	52,31 (46,56; 53,48)/22	0,045
	2	48,55 (47,85; 55,55)/22	46,95 (45,94; 53,48)/22	0,048
	3	53,48 (51,71; 55,38)/22	53,48 (52,14; 55,50)/22	0,95
	Всего Total	53,48 (47,85; 55,38)/66	52,31 (46,56; 53,48)/66	
3 месяца 3 month post-op	1	55,55 (48,55; 56,75)/22	55,48 (47,85; 56,25)/22	0,19
	2	53,50 (48,55; 56,75)/22	53,48 (47,85; 55,55)/22	0,26
	3	55,50 (53,48; 56,75)/22	54,80 (53,49; 55,75)/22	0,35
	Всего Total	55,50 (52,52; 56,75)/66	54,80 (51,20; 55,75)/66	
6 месяцев 6 month post-op	1	53,48 (50,70; 56,75)/22	53,48 (48,71; 55,75)/22	0,38
	2	53,50 (48,55; 56,75)/22	53,48 (47,85; 55,55)/22	0,29
	3	53,48 (50,70; 55,98)/22	53,48 (48,71; 55,75)/22	0,39
	Всего Total	53,48 (50,70; 56,50)/66	53,48 (48,71; 55,75)/66	

средней степени предпочтительно использование энергии 130 нДж, а при высоких степенях – 140 нДж, данный результат мы опосредованно связываем с возможной потерей энергии ФСЛ при прохождении в тканях на более глубокие слои, что требует дальнейшего более детального изучения вопроса.

Оценка эффективности проведенного лечения имеет как субъективную, так и объективную сторону. Удовлетворенность пациентов проведенным лечением субъективна и определяется в большинстве случаев сравнением зрения после операции и дооперационными показателями в средствах коррекции и является одним из ключевых моментов в операции. В литературе недостаточно сведений о показателях качества жизни после рефракционных операций, особен-

но после SMILE. По данным клинического исследования, проведенного О.А. Клоковой и соавт. (2019), известно, что более высокая тенденция удовлетворенности качеством жизни была зарегистрирована в группе после SMILE, чем у пациентов после Femto-LASIK [24]. Однако очевидно, что пациентам обычно требуется некоторое время, чтобы адаптироваться к новым условиям зрения и тому, как эти изменения влияют на их повседневную жизнь. В нашем клиническом исследовании подтверждена прямая корреляционная связь между уровнем энергии и качеством жизни у пациентов после операции в подгруппах с миопией слабой и средней степени.

Анализируя полученные клиничко-функциональные результаты после SMILE в подгруппах с миопией разной

Таблица 3

## Динамика показателей RMS общ, общей денситометрии в зоне 0–2 мм и пахиметрии после SMILE

Table 3

## Dynamics of total RMS, total densitometry in the 0–2 mm zone and pachymetry after SMILE

Сроки наблюдений Observation period	RMS общ RMS total M±σ/N=95		Денситометрия общ 0–2 мм Densitometry total 0–2 mm M±σ/N=95		Пахиметрия, мкм Pachymetry, μm M±σ/N=95	
	130 нДж 130 nJ	140 нДж 140 nJ	130 нДж 130 nJ	140 нДж 140 nJ	130 нДж 130 nJ	140 нДж 140 nJ
До Pre-op	1,13±0,35	1,13±0,30	15,06±1,04	14,78±1,07	557,08±28,19	556,28±28,60
1 день 1 day post-op	1,74±0,80	1,76±0,89	16,10±1,28	15,84±1,13	473,06±39,82	472,35±39,32
1 неделя 1 week post-op	1,88±0,57	1,75±0,55	15,53±0,87	15,32±0,74	464,55±37,31	464,96±39,10
1 месяц 1 month post-op	1,55±0,50	1,52±0,89	14,30±1,03	14,12±1,05	469,14±36,90	469,44±37,22

степени, отсутствие отрицательного влияния энергии ФСЛ в диапазоне 130–140 нДж на aberrации, прозрачность роговицы и ее толщину, мы пришли к выводу, что меньшие энергии, вероятно, в меньшей степени вызывают в тканях проявления клинически выраженного воспаления и повреждения кератоцитов.

Так, по данным электронной микроскопии роговичного интерфейса, применение высоких энергий ФСЛ на этапе формирования роговичной лентиккулы способствует образованию грубых коллагеновых обломков в роговичном интерфейсе, созданию неровных поверхностей, что вызывает активный процесс ремоделирования, отек роговицы, снижение прозрачности роговицы, зрения и качества жизни пациентов после операции [20, 25–27].

Данные согласуются с результатами работы S. Kunert и соавт. (2011): поверхность лентиккулы после работы ФСЛ была значительно ровнее при использовании более низких энергетических параметров ФСЛ [12].

Таким образом, в данном исследовании установлено, что относительно низкий уровень энергии ФСЛ является одним из определяющих факторов в достижении высоких показателей НКОЗ, улучшения качества жизни и минимизации осложнений после SMILE.

Указанные цифровые параметры, вероятно, могут незначительно отличаться на различных лазерных установках, но полученные данные позволяют полагать, что применение низкоэнергетической хирургии является общей для всех методик лентиккулярной хирургии. Ограничениями исследования были малая выборка пациентов, необходимость изучения дополнительных параметров, короткие сроки наблюдений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение относительно низких энергий ФСЛ в диапазоне 130 нДж в коррекции миопии слабой и средней степени по технологии SMILE способствует более быстрому восстановлению НКОЗ в 1-е сутки после операции, улучшению качества жизни пациентов, не оказывая отрицательного влияния на состояние роговичных aberrаций, показателей денситометрии и пахиметрии. В коррекции миопии высокой степени для достижения высоких показателей остроты зрения в 1-е сутки предпочтительнее использовать энергию ФСЛ в диапазоне 140 нДж, прямого влияния энергии ФСЛ на качество жизни и ряд других исследуемых показателей не выявлено.

Данное клиническое исследование нуждается в продолжении для построения единых алгоритмов, способствующих улучшению клинико-функциональных результатов при планировании лазерной коррекции зрения.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. 2016;123(5): 1036–1042. doi: 10.1016/j.optha.2016.01.006
- Дога А.В., Мушкова И.А., Семенов А.Д., Каримова А.Н., Кечин Е.В. Этапы развития и современные аспекты кераторефракционной хирургии. *Практическая медицина*. 2016;6(98): 36–41. [Doga AV, Mushkova IA, Semenov AD, Karimova AN, Kechin EV. Stages of development and modern aspects of keratorefractive surgery. *Practical medicine*. 2016;6(98): 36–41. (In Russ.)]

3. Писаревская О.В., Шуко А.Г., Юрьева Т.Н. SMILE – инновационная технология в рефракционной хирургии. Методика. Тихоокеанский медицинский журнал. 2016;3: 74–76. [Pisarevskaya OV, Shchuko AG, Yurieva TN. SMILE is an innovative technology of refractive surgery. Methodology. Pacific Medical Journal. 2016;3: 74–76. (In Russ.)]. doi: 10.17238/PmJ16091175.2016.3.76-7810
4. Мушкова И.А., Костенев С.В., Майчук Н.В., Образцова М.Р., Носиров П.О., Малышев И.С. Современные технологии рефракционной экстракции лентиккулы в коррекции миопии. Российский офтальмологический журнал. 2022;15(2): 98–103. [Mushkova IA, Kostenev SV, Maichuk NV, Obratsova MR, Nosirov PO, Malyshev IS. Modern technologies of refractive lenticular extraction in the correction of myopia. Russian Ophthalmological Journal. 2022;15(2):98–103. (In Russ.)]. doi: 10.21516/2072-0076-2022-15-2-supplement-98-103
5. Zhang Y, Shen Q, Jia Y, Zhou D, Zhou J. Clinical outcomes of SMILE and FS-LASIK used to treat myopia: A meta-analysis. J Refract Surg. 2016;32(4): 256–265. doi: 10.3928/1081597X-20151111-06
6. Патент РФ № 2764362/17.01.2022. Бюл. № 2. Костенев С.В., Носиров П.О. Способ оптимизированной коррекции миопии методом рефракционной экстракции лентиккулы роговицы на низкоэнергетическом фемтосекундном лазере. [Patent RUS № 2764362/ 17.01.2022. Byul. № 2. Kostenev SV, Nosirov PO. Method of optimized correction of myopia by fractional extraction of corneal lenticula on a low-energy femtosecond laser. (In Russ.)]
7. Костенев С.В., Носиров П.О. Коррекция миопии методом рефракционной экстракции лентиккулы роговицы на низкоэнергетическом фемтосекундном лазере. Саратовский научно-медицинский журнал. 2021;17(2): 322–326. [Kostenev SV, Nosirov PO. Correction of myopia by the method of corneal lenticule refractive extraction using a low-energy femtosecond laser. Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2021;17(2): 322–326. (In Russ.)]
8. Дога А.В., Мушкова И.А., Майчук Н.В., Образцова М.Р., Малышев И.С. Современные технологии рефракционной экстракции лентиккулы: сравнительный анализ клинико-функциональных результатов. Офтальмология. 2022;19(2): 291–298. [Doga AV, Mushkova IA, Maichuk NV, Obratsova MR, Malyshev IS. The Modern technologies of refractive lenticular extraction: comparative analysis of clinical and functional results. Ophthalmology in Russia. 2022;19(2): 291–298. (In Russ.)] doi: 10.18008/1816-5095-2022-2-291-298
9. Костенев С.В., Черных В.В. Фемтосекундная лазерная хирургия. Новосибирск: Издательство «Наука»; 2012. [Kostenev SV, Chernykh VV. Femtosecond laser surgery. Novosibirsk: Izdatel'stvo «Science»; 2012. (In Russ.)]
10. Шуко А.Г., Писаревская О.В., Букина В.В., Юрьева Т.Н. Фемтосекундные технологии в коррекции миопии. Офтальмохирургия. 2014;(2): 33–38. [Shchuko AG, Pisarevskaya OV, Bukina VV, Yureva TN. Femtosecond technology of myopia correction. Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery. 2014;(2): 33–38. (In Russ.)]
11. Monterosso C, Galan A, Böhm E, Zampini A, Parekh M, Caretti L. Effect of 60 kHz and 150 kHz femtosecond lasers on corneal stromal bed surfaces: A comparative study. ISRN Ophthalmol. 2013;2013: 971451. doi: 10.1155/2013/971451
12. Kunert KS, Blum M, Duncker GI, Sietmann R, Heichel J. Surface quality of human corneal lenticules after femtosecond laser surgery for myopia comparing different laser parameters. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2011;249(9): 1417–1424. doi: 10.1007/s00417-010-1578-4
13. Ziebarth NM, Lorenzo MA, Chow J, et al. Surface quality of human corneal lenticules after SMILE assessed using environmental scanning electron microscopy. J Refract Surg. 2014;30(6): 388–393. doi: 10.3928/1081597X-20140513-01
14. Lombardo M, De Santo MP, Lombardo G, et al. Surface quality of femtosecond dissected posterior human corneal stroma investigated with atomic force microscopy. Cornea. 2012;31(12): 1369–1375. doi: 10.1097/ICO.0b013e31823f774c
15. Donate D, Thañron R. Lower energy levels improve visual recovery in small incision lenticule extraction (SMILE). J Refract Surg. 2016;32(9): 636–642. doi: 10.3928/1081597X-20160602-01
16. Pesudovs K, Garamendi E, Elliott DB. The quality of life impact of refractive correction (QIRC) questionnaire: development and validation. Optom Vis Sci. 2004;81(10): 769–777. doi: 10.1097/00006324-200410000-00009
17. Бойко Э.В., Мирсаитова Д.Р., Титов А.В., Масын Я.И. Возможности технологии SMILE в коррекции миопической аномалии рефракции. Современные проблемы науки и образования. 2021;2. Доступно по: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30583> [Ссылка активна на 15.05.2023]. [Boiko EV, Mirsaitova DR, Titov AV, Masyan YI. Possibilities of SMILE technology in the correction of myopic refractive error. Modern problems of science and education. 2021;2. Available from: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30583> [Accessed 15th May 2023]. (In Russ.)] doi: 10.17513/spno.30583
18. Писаревская О.В., Шуко А.Г., Юрьева Т.Н., Ивлева Е.П., Фролова Т.Н. Влияние изменения параметров энергии на рефракционный эффект операции SMILE. Современные технологии в офтальмологии. 2016;(5): 173–175. [Pisarevskaya OV, Shchuko AG, Yurieva TN, Ivleva EP, Frolova TN. Influence of changing energy parameters on the refractive effect of the SMILE operation. Modern technology in ophthalmology. 2016;(5): 173–175. (In Russ.)]
19. Титов А.В., Головатенко С.П., Мирсаитова Д.Р. Результаты применения модифицированной техники выполнения Relex® SMILE в коррекции миопии. Современные технологии в офтальмологии. 2018;(5): 240–243. [Titov AV, Golovatenko SP, Mirsaitova DR. The results of the application of the modified technique of performing Relex® SMILE in the correction of myopia. Modern technology in ophthalmology. 2018;(5): 240–243. (In Russ.)] doi: 10.25276/2312-4911-2018-5-240-242
20. Титов А.В., Мирсаитова Д.Р. Влияние снижения фемтосекундной лазерной энергии на исход операции по технологии SMILE. Современные технологии в офтальмологии. 2019;6: 128–133. [Titov AV, Mirsaitova DR. Effect of lower laser energy levels on the outcome after small-incision lenticule extraction (SMILE). Modern technology in ophthalmology. 2019;6: 128–133. (In Russ.)] doi: 10.25276/2312-4911-2019-6-128-133
21. Бойко Э.В., Титов А.В., Мирсаитова Д.Р. Возможности использования низкоэнергетических параметров лазера при фемто-SMILE. Современные технологии в офтальмологии. 2022;2(42): 44–50. [Boiko EV, Titov AV, Mirsaitova DR. Possibilities of using low-energy laser parameters with SMILE. Modern technology in ophthalmology. 2022;2(42): 44–50. (In Russ.)]. doi: 10.25276/2312-4911-2022-2-44-50
22. Ji YW, Kim M, Kang DSY, et al. Lower laser energy levels lead to better visual recovery after small-incision lenticule extraction: prospective randomized clinical trial. Am J Ophthalmol. 2017;179: 159–170. doi: 10.1016/j.ajco.2017.05.005
23. Li L, Schallhorn JM, Ma J, Cui T, Wang Y. Energy setting and visual outcomes in SMILE: A retrospective cohort study. J Refract Surg. 2018;34(1): 11–16. doi: 10.3928/1081597X-20171115-01
24. Klokova OA, Sakhnov SN, Geydenrikh MS, Damashauskas RO. Quality of life after refractive surgery: ReLEx SMILE vs Femto-LASIK. Clin Ophthalmol. 2019;13: 561–570. doi: 10.2147/OPHTH.S170277
25. Serrao S, Buratto L, Lombardo G, De Santo MP, Ducoli P, Lombardo M. Optimal parameters to improve the interface quality of the flap bed in femtosecond laser-assisted laser in situ keratomileusis. J Cataract Refract Surg. 2012;38(8): 1453–1459. doi: 10.1016/j.jcrs.2012.05.021
26. Wu W, Wang Y. The correlation analysis between corneal biomechanical properties and the surgically induced corneal high-order aberrations after small incision lenticule extraction and femtosecond laser in situ keratomileusis. J Ophthalmol. 2015;2015: 758196. doi: 10.1155/2015/758196
27. Lin L, Weng S, Liu F, et al. Development of low laser energy levels in small-incision lenticule extraction: clinical results, black area, and ultrastructural evaluation. J Cataract Refract Surg. 2020;46(3): 410–418. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000071

#### Информация об авторах

**Эрнест Витальевич Бойко**, д.м.н., профессор, директор Санкт-Петербургского филиала ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. С.Н. Федорова» Минздрава России, boiko111@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7413-7478>

**Дилара Равилевна Мирсаитова**, врач-офтальмолог, dilara\_mirsaitova@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8825-312X>

**Алексей Валерьевич Титов**, зав. отделением рефракционной хирургии и патологии роговицы, руководитель глазного тканевого банка Санкт-Петербургского филиала ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, врач-офтальмолог высшей категории, mr.titov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6847-4737>

#### Information about the authors

**Ernest V. Boiko**, Doctor of Sciences in Medicine, Professor, Director of Saint Petersburg Branch, boiko111@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7413-7478>

**Dilara R. Mirsaitova**, Ophthalmologist, dilara\_mirsaitova@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8825-312X>

**Aleksey V. Titov**, Head of the Department of Refractive surgery and Corneal pathology, Head of the eye tissue bank, Ophthalmologist of the highest category, mr.titov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6847-4737>

**Вклад авторов в работу:**

**Э.В. Бойко:** существенный вклад в концепцию и дизайн работы, редактирование, окончательное утверждение версии, подлежащей публикации.

**Д.Р. Мирсантова:** сбор, анализ и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста.

**А.В. Титов:** сбор, анализ и обработка материала, статистическая обработка данных, написание текста.

**Authors' contribution:**

**E.V. Boiko:** significant contribution to the concept and design of the work, editing, final approval of the version to be published.

**D.R. Mirsaitova:** collection, analysis and processing of material, statistical data processing, writing.

**A.V. Titov:** collection, analysis and processing of material, statistical data processing, writing.

**Финансирование:** Авторы не получали конкретный грант на это исследование от какого-либо финансирующего агентства в государственном, коммерческом и некоммерческом секторах.

**Согласие пациента на публикацию:** Письменного согласия на публикацию этого материала получено не было. Он не содержит никакой личной идентифицирующей информации.

**Конфликт интересов:** Отсутствует.

**Funding:** The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors.

**Patient consent for publication:** No written consent was obtained for the publication of this material. It does not contain any personally identifying information.

**Conflict of interest:** There is no conflict of interest

Поступила: 29.11.2023

Переработана: 09.01.2024

Принята к печати: 22.02.2024

Originally received: 29.11.2023

Final revision: 09.01.2024

Accepted: 22.02.2024

**ЭТП МГ**  
Филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России  
Экспериментально-техническое производство «МГ»

**КТО МЫ И ЧТО ПРОИЗВОДИМ?**  
Мы более 40 лет являемся одним из ведущих российских производителей и поставщиков медицинских изделий для офтальмохирургии!

- Микрохирургических инструментов
- Одноразовых полимерных изделий
- Металлических иригационных канюль
- Остроконечных офтальмологических лезвий
- Искусственных хрусталиков!

**ЧТО МЫ МОЖЕМ ВАМ ПРЕДЛОЖИТЬ?**

- Высокое качество, проверенное временем, по доступной цене
- Выгодные финансовые предложения для крупных государственных структур
- Индивидуальный подход при работе с частными клиентами
- Разработку и изготовление уникальной продукции по запросу
- Клиническую образовательную поддержку специалистов
- Специальные условия доставки

+7 (499) 488-89-94    ETPMICRO.RU    ETP-MNTK@MAIL.RU